

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-269921  
 (43)Date of publication of application : 02.10.2001

(51)Int.Cl.

 B28B 11/12  
 B01D 39/20  
 B28B 3/26

(21)Application number : 2000-084874

(71)Applicant : NGK INSULATORS LTD

(22)Date of filing : 24.03.2000

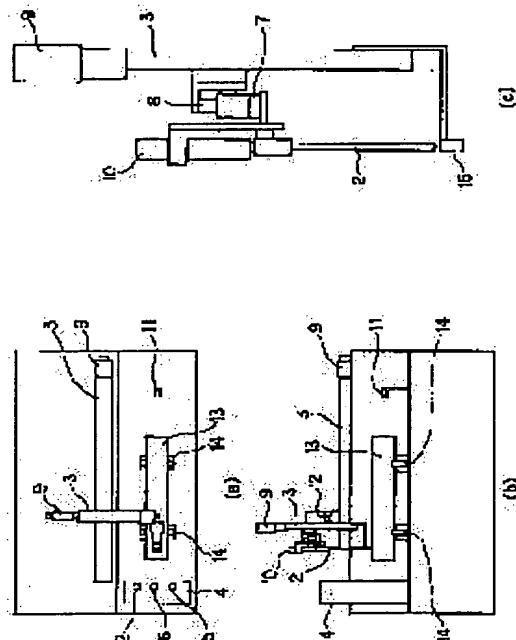
(72)Inventor : HIDAKA YOSHIHIKO  
NISHINO TOMOHIRO

## (54) METHOD AND DEVICE FOR HONEYCOMB STRUCTURE BODY WITH SLIT

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method for making a honeycomb structure with slits which makes an accurate and precise slit of the honeycomb structure and breaks only an objective cell line and which is suitable for mass production.

**SOLUTION:** It is a method of making the honeycomb structure with slits cut along a plurality of parallel cell rows, communicating with the outside space. The slit is made in the honeycomb structure 13 which is formed by an extruder and dried and/or fired by using a press member 2 which is a thin board-shaped non-rotation body, and pressing the place severing the place.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-269921

(P2001-269921A)

(43)公開日 平成13年10月2日 (2001.10.2)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

B 28 B 11/12  
B 01 D 39/20  
B 28 B 3/26

識別記号

F I

B 28 B 11/12  
B 01 D 39/20  
B 28 B 3/26

テーマコード(参考)

4 D 0 1 9  
D 4 G 0 5 4  
4 G 0 5 5

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 11 頁)

(21)出願番号

特願2000-84874(P2000-84874)

(22)出願日

平成12年3月24日 (2000.3.24)

(71)出願人 000004064

日本碍子株式会社

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号

(72)発明者 日高 美彦

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内

(72)発明者 西野 智博

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内

(74)代理人 100088616

弁理士 渡邊 一平

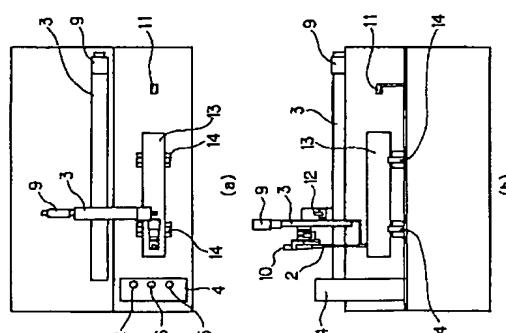
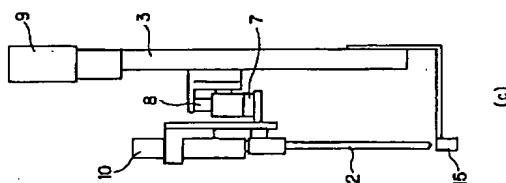
最終頁に続く

(54)【発明の名称】スリット付きハニカム構造体の製造方法及び製造装置

(57)【要約】

【課題】目的のセル列のみを破断するという正確・精密なスリット穿設が可能であり、かつ、大量生産に適するスリット付きハニカム構造体の製造方法を提供する。

【解決手段】多数のセルが並列する複数のセル列を有し、かつ、セル列に沿って穿設された、外部空間と連通するスリットを備えたスリット付きハニカム構造体の製造方法である。押出成形し、乾燥及び／又は焼成してなるハニカム構造の乾燥体若しくは焼成体13に対し、薄板状の非回転体である押圧部材2を用いてスリット穿設部位を押圧し、破断することにより、スリットを穿設する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 多数のセルが並列する複数のセル列を有し、かつ、当該セル列に沿って穿設された、外部空間と連通するスリットを備えたスリット付きハニカム構造体の製造方法であって、押出成形し、乾燥及び／又は焼成してなるハニカム構造の乾燥体若しくは焼成体に対し、薄板状の非回転体である押圧部材を用いてスリット穿設部位を押圧し、破断することにより、スリットを穿設することを特徴とするスリット付きハニカム構造体の製造方法。

【請求項2】 乾燥体若しくは焼成体のセル開口面と外周面のうち、外周面側からスリットを穿設する請求項1に記載のスリット付きハニカム構造体の製造方法。

【請求項3】 成形体押出時において、押出用口金のセルプロックのうちスリットを穿設すべきセル列を形成するセルプロックの列と同一方向にスリット穿設部材を突出させることにより、予め外壁部を貫通するスリットを穿設し、乾燥及び／又は焼成してなるハニカム構造の乾燥体若しくは焼成体において、内部のセル壁のみにスリットを穿設する請求項1又は2に記載のスリット付きハニカム構造体の製造方法。

【請求項4】 乾燥体若しくは焼成体を画像により監視し、当該画像の監視データを利用して、乾燥体若しくは焼成体と押圧部材との位置を制御する請求項1～3のいずれか一項に記載のスリット付きハニカム構造体の製造方法。

【請求項5】 押圧部材にかかる負荷を検知し、押圧力を制御する請求項1～4のいずれか一項に記載のスリット付きハニカム構造体の製造方法。

【請求項6】 押圧部材を振動させながらスリットを穿設する請求項1～5のいずれか一項に記載のスリット付きハニカム構造体の製造方法。

【請求項7】 多数のセルが並列する複数のセル列を有し、かつ、当該セル列に沿って穿設された、外部空間と連通するスリットを備えたスリット付きハニカム構造体を製造するための製造装置であって、薄板状の非回転体である押圧部材と、当該押圧部材を駆動するための駆動手段とを備えたことを特徴とするスリット付きハニカム構造体の製造装置。

【請求項8】 乾燥体若しくは焼成体のうち、少なくともセル開口面を画像により監視する監視手段と、乾燥体若しくは焼成体を軸中心に回転させるための回転手段と、押圧時において押圧部材にかかる負荷を検知するための検知手段と、押圧部材を振動させるための振動手段とを有する請求項7に記載のスリット付きハニカム構造体の製造装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、多数のセルが並列する複数のセル列を有するハニカム構造体の製造方法

及び製造装置に関し、詳しくはセル列に沿って穿設された、外部空間と連通するスリットを備えたスリット付きハニカム構造体の製造方法及び製造装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 ハニカム構造体は、基材に対し多数のセルが並列する複数のセル列を形成した構造体であり、軽量高強度の構造材（航空機用等）、通気量が大きい触媒担体（自動車排ガス浄化用等）などの他、微小な細孔を有するセラミック多孔質体を基材とした場合には、単位体積あたりの濾過面積が大きい集塵フィルタ、固液分離フィルタとしても利用されている。

【0003】 上述の用途は、外部空間と隔離された複数のセルを有するというハニカム構造体の特徴によるものであるが、ある特定の用途においては、セルの一部を意図的に破断して外部空間と連通するスリットを設ける場合がある。

【0004】 例えば図2に示すハニカム構造体21は、被処理液をセル23内に注入し、基材22の細孔を透過した濾過液のみを外部空間に流出させることにより、基材22の細孔より粒径が大なる不溶物を除去する固液分離フィルタであるが、複数のセル列26のうち一部のセル列26aに沿ってセル23の一部を意図的に破断し、外部空間と連通するスリット24を設けている（以下、このようなハニカム構造体を「スリット付きハニカム構造体」という。）。

【0005】 このような固液分離フィルタでは基材22内側、即ち中心部近傍のセルで濾過された濾過液がスリット24から直接外部空間に流出するため、濾過液が基材22の細孔内を移動する距離を短縮でき、濾過の際の流動抵抗を小さくすることができる。従って、フィルタを大型化した場合であっても、透水量が低下することなく、充分な濾過処理能力を確保できるという利点がある。また、スリット24を穿設したセル列26aの基材開口端をガラス等からなる封止部材25で目封じすれば、濾過液が被処理液に汚染されることもない。

【0006】 従来、上述のようなスリット付きハニカム構造体は、例えばセラミック坯土を押出成形し、乾燥・焼成した後、①ハニカム構造体の両端面（セル開口面）のスリットを穿設すべきセル列間を結ぶように構造体外側面にけがきを行い、当該けがき部分をマイクログラインダ、ドリル等で切削してスリットを穿設する方法（以下「第1の方法」という）、或いは②ハニカム構造体のセル開口面からスリットを穿設すべきセル列の状態を目視しつつ、砥石などで当該セル列に沿って切り込みスリットを穿設する方法（以下「第2の方法」という）により製造されていた。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、第1の方法は、けがきという煩雑な手作業を要することに加え、たとえけがき部分を正確に切削しても目的とするセ

ル列のみを破断できず、隣接するセル列を破断したり、セル壁を削ってしまう等の加工ミスの可能性が高かった。これは押出成形時や成形体の乾燥・焼成時の収縮、変形に起因してセル列にも歪み、変形を生ずる場合が多く、構造体両端面（セル開口面）のスリットを穿設すべきセル列を結ぶ線上に必ずしも当該セル列が存在しないからである。

【0008】即ち、第1の方法は、大量生産に適する簡便な方法でないことに加え、正確・精密なスリット穿設が困難であるという問題があった。正確・精密なスリット穿設が困難であると、微細構造を有するハニカム構造体（例えばセル孔径2～3mm、セル壁厚さ0.5mm程度）へのスリット穿設が困難である点において好ましくない。

【0009】一方、第2の方法は、セル列を目視しながらスリットを穿設するため、第1の方法と比較して加工ミスは少ないものの、目視しながら構造体端面を切り込むという煩雑な手作業を要するという問題点があった。即ち、第2の方法は、正確・精密なスリット穿設は可能であるものの、大量生産に適する簡便な方法ではないという問題があった。

【0010】また、第2の方法は、構造体両端面にスリットを穿設せざるを得ないため構造体両端部の機械的強度が低下するという問題があった。構造体両端部の機械的強度が低下すると、構造体両端部をシール部分として固定する固液分離フィルタとし使用した場合に、装着時の歪みや衝撃、寸法公差上の曲げ応力、シールの面圧等によりフィルタが破損し易い点において好ましくない。

【0011】なお、第2の方法は、乾燥・焼成前の成形体を対象とすることも考えられるが、乾燥・焼成時に構造体両端部の収縮、変形が大きくなり、固液分離フィルタとし使用した場合に、シール不良を生ずるおそれがある点において好ましくない。

【0012】以上説明してきたように、従来の製造方法は、いずれもスリット穿設の正確性・精密性と、大量生産に適する方法の簡便さを兼ね備えたものではなく、充分満足できるものではなかった。

【0013】本発明は、このような従来技術の問題点に鑑みてなされたものであって、目的のセル列のみを破断するという正確・精密なスリット穿設が可能であり、かつ、大量生産に適するスリット付きハニカム構造体の製造方法を提供することにある。

#### 【0014】

【課題を解決するための手段】本発明者らが锐意検討した結果、押出成形してなるハニカム構造体の乾燥体若しくは焼成体のスリット穿設部位を、薄板状の非回転体である押圧部材を用いて押圧し、破断するスリット穿設方法を採用することにより、従来技術の問題点が解決可能であることに想到して本発明を完成した。

【0015】即ち、本発明によれば、多数のセルが並列する複数のセル列を有し、かつ、当該セル列に沿って穿設された、外部空間と連通するスリットを備えたスリット付きハニカム構造体の製造方法であって、押出成形し、乾燥及び／又は焼成してなるハニカム構造の乾燥体若しくは焼成体に対し、薄板状の非回転体である押圧部材を用いてスリット穿設部位を押圧し、破断することにより、スリットを穿設することを特徴とするスリット付きハニカム構造体の製造方法が提供される。

【0016】本発明の製造方法は、乾燥体若しくは焼成体のセル開口面と外周面のうち、外周面側からスリットを穿設する場合に好適に用いることができる。

【0017】また、本発明の製造方法は、成形体押出時において、押出用口金のセルブロックのうちスリットを穿設すべきセル列を形成するセルブロックの列と同一方向にスリット穿設部材を突出させることにより、予め外壁部を貫通するスリットを穿設し、乾燥及び／又は焼成してなるハニカム構造の乾燥体若しくは焼成体において、内部のセル壁のみにスリットを穿設することが好ましい。

【0018】更に、本発明の製造方法は、乾燥体若しくは焼成体を画像により監視し、当該画像の監視データを利用して、乾燥体若しくは焼成体と押圧部材との位置を制御することが好ましく、押圧部材にかかる負荷を検知し、押圧力を制御することが好ましく、押圧部材を振動させながらスリットを穿設することが好ましい。

【0019】また、本発明によれば、多数のセルが並列する複数のセル列を有し、かつ、当該セル列に沿って穿設された、外部空間と連通するスリットを備えたスリット付きハニカム構造体を製造するための製造装置であって、薄板状の非回転体である押圧部材と、当該押圧部材を駆動するための駆動手段とを備えたことを特徴とするスリット付きハニカム構造体の製造装置が提供される。

【0020】本発明の製造装置は、乾燥体若しくは焼成体のうち、少なくともセル開口面を画像により監視する監視手段と、乾燥体若しくは焼成体を軸中心に回転させるための回転手段と、押圧時において押圧部材にかかる負荷を検知するための検知手段と、押圧部材を振動させるための振動手段とを有することが好ましい。

#### 【0021】

【発明の実施の形態】本発明の製造方法は、ハニカム構造の乾燥体若しくは焼成体に対し、薄板状の非回転体である押圧部材を用いてスリット穿設部位を押圧し、破断することにより、スリットを穿設することを特徴とする。本発明の方法は、目的のセル列のみを破断するという正確・精密なスリット穿設が可能であり、かつ、大量生産にも適する簡便な方法である。以下、本発明について詳細に説明する。なお、図4、5、7、12、13について、作図の便宜上、ハニカム構造体の端面のセル

を捨象して作成した。

【0022】1. 本発明の製造方法の特徴

本発明の製造方法の第1の特徴は、薄板状の非回転体である押圧部材を用いてスリット穿設部分を押圧し、破断することにより、スリットを穿設する点にある。

【0023】 押圧部材を薄板状としたのは、押圧方向(スリットの深さ方向)に対する剛性が低く比較的柔軟であり、スリットの長さ方向に対する剛性が高いためである。押圧方向に対する剛性が低いと押圧部材が隣接するセル壁に沿って前進するため、隣接するセル列を破断したり、セル壁を削ってしまう等の加工ミスを防止することができる。一方、スリットの長さ方向に対する剛性が高いと、押圧部材のねじれ変形を防止できるため、セル列を正確にトレースしてスリットを穿設することが可能となる。

【0024】 「非回転体」とは、専らスリット深さ方向に対する押圧によってスリット穿設を行う部材を意味し、高速度鋼の刃や研削砥石の高速回転によって切削、研削、穴開け等の加工を行う回転工具(例えばマイクログラインダ、ドリル等)を除外する趣旨である。回転工具は、押圧方向(スリットの深さ方向)に対する剛性が高いため、隣接するセル列を破断したり、セル壁を削ってしまう等の加工ミスの可能性が高いからである。

【0025】 一般的には、加工対象がクラックを生じ易いセラミックの乾燥体や焼成体である場合、本発明のような押圧・破断という加工方法は好ましくないとされる。しかしながら、本発明者らは、内部が薄いセル壁によって区分されているというハニカム構造体の特徴に着目し、他のセル壁を破断することなく目的のセル壁のみを破断するという目的を達成する手段として、押圧・破断という加工方法を採用したものである。

【0026】 本発明の製造方法の第2の特徴は、押出成形し、乾燥及び／又は焼成してなるハニカム構造の乾燥体若しくは焼成体に対してスリットを穿設する点にある。比較的軟らかい生の成形体に対してスリットを穿設する方が加工自体は容易であるものの、穿設したスリットが乾燥・焼成時に変形したり、或いは潰れたりする場合があるからである。即ち、本発明の製造方法によれば、所望の幅、長さのスリットを形成し易くなるという利点がある。

【0027】 特に、乾燥体に対してスリットを穿設する方法は、焼結体と比較すれば軟らかい乾燥体を対象とするため加工が容易であることに加え、図2に示すようにスリット穿設セル列26aを自封じする場合においては、乾燥体の焼成と封止部材25の焼成を同時に実行するため、焼成工程1回分加工工数が少ないという利点がある。即ち、生産性が高く、大量生産にも適する方法である。

【0028】2. スリット穿設工程

本発明の製造方法においては、正確・精密なスリット穿

設を行うべく、乾燥体若しくは焼成体(以下「乾燥体等」という。)と押圧部材との位置を正確に制御することが必要となる。目視により乾燥体等のスリット穿設位置を確認し、手作業により押圧部材の位置合わせを行うことも可能であるが、大量生産に適する簡便な方法とするためには、乾燥体等を画像により監視し、当該画像の監視データを利用して、乾燥体等と押圧部材との位置を制御することが好ましい。

【0029】 例えば、乾燥体等の長手方向のスリット穿設位置については、乾燥体等の全体を画像により監視し、乾燥体等の端面を検知し、図3に示すように端面41からの距離xと穿設すべきスリット長さyにより、スリット穿設の開始位置42と終了位置43を決定する方法が考えられる。外壁部に予めスリットが形成されており、内部のセル壁のみを破断する場合であれば、外壁部のスリット44を画像により検知し、スリット44の両端部を基準としてスリット穿設の開始位置42と終了位置43を決定しても良い。

【0030】 これらの方法によれば、乾燥体等のセル開口面と外周面のうち、外周面にのみスリットを穿設する場合であっても、極めて簡便にかつ正確に乾燥体等の長手方向のスリット穿設位置を制御することが可能となる。

【0031】 一方、乾燥体等のスリットを穿設すべきセル列の方向と押圧部材の押圧方向との位置の制御は、乾燥体等の端面のセルバターンを画像により監視し、当該セルバターンのデータを利用する方法が考えられる。このような方法は、スリット穿設セル列のセル形状が他のセル列のセル形状と異なる場合に特に有効である。

【0032】 具体的には、図4に示すように乾燥体等の端面51のスリットを穿設すべきセル列52の一端と他端を通過する直線1<sub>1</sub>を規定し、直線1<sub>1</sub>と押圧部材の押圧方向との角度差θ<sub>1</sub>のデータを利用して乾燥体等、或いは押圧部材の位置を調整すればよい。

【0033】 同様にして、図5に示すように乾燥体等の端面51のスリットを穿設すべきセル列52の一端と他端を通過する直線1<sub>2</sub>を規定し、当該端面全体のセルバターンと理想的なセルバターンとの角度差θ<sub>2</sub>のデータを利用して乾燥体等、或いは押圧部材の位置を調整してもよい。

【0034】 押圧部材の作動方法としては、図6(a)に示すように押圧部材61を一定の送り速度で作動させる定速送りが最も簡単であるが、連続的に加工を継続すると押圧部分に多量の粉塵が堆積し、押圧部材に負荷がかかるため、加工が困難となり、ひいては薄板状の押圧部材が破損するおそれがある。

【0035】 従って、本発明の製造方法においては、図6(b)に示すように、押圧部材61にかかる負荷を検知し、押圧力を制御することが好ましい。具体的には、予め押圧部材61の座屈負荷を設定しておき、ロー

ドセル62により検知された負荷が座屈荷重を超えた場合には、一定の負荷となるまで押圧力を低下させた後、再度押圧力を増加させる操作を断続的に行って制御する（以下、このような制御を「フィードバック制御」という。）。

【0036】 フィードバック制御によれば、粉塵を断続的に除去することができ、押圧部材の破損を防止できる他、押圧部材がスリット両側のセル壁と接触し、負荷が大きくなった場合に押圧力を低下させる制御を行うため、隣接するセル壁の破断を防止する効果をも有する。

【0037】 また、図6(c)に示すように押圧部材61を一定量送った後、一定量後退させる操作を機械的に繰り返す制御も好ましい（以下、このような制御を「ステップ送り制御」という。）。フィードバック制御のように負荷の検知手段を必要とせず簡便に、粉塵の除去、押圧部材の破損回避という効果が得られるからである。

【0038】 本発明の製造方法においては、押圧部材を振動させながらスリットを穿設することも好ましい。振動を与えることにより加工性が向上し、座屈荷重以下の荷重で加工することが可能となるからである。また、ステップ送り制御を短いサイクルで連続的に行うとの同様の効果が得られるため、押圧部材を定速送りした場合でも粉塵の除去、押圧部材の破損回避という効果も得ることができる。振動の種類としては往復振動（スリット深さ方向）、横振動（スリット長さ方向）、超音波振動などが挙げられる。

【0039】 なお、本発明の製造方法のようにスリット穿設部分を押圧し、破断する加工方法においては、加工部分にバリが発生し、基材焼成後にスリット端部にクラック等の欠陥を生ずる場合がある。このような場合にはバリを除去し、スリット端部をR形状とする仕上げ加工を行うことが好ましい。例えば図7に示す如く、乾燥体等71にスリット73を穿設した後、別途仕上げ用の工具72を横移動させながら往復運動する方法や、スリット穿設部材に、微細なダイヤモンド砥粒を電着し、或いはゴムでラッピングすることにより、スリット穿設と同時に仕上げ加工を行なう方法などが挙げられる。

【0040】 本発明の製造方法においては、押圧部材を用いてスリット穿設部位、即ちスリットを穿設すべきセル列を押圧すればよい。通常は押圧部材を1のセル列に沿って押圧し、当該セル列のみを破断するが、隣接する複数のセル列に沿って押圧し、当該複数のセル列を同時に破断してもよい。

【0041】 スリットの深さは特に限定されず、乾燥体等の外周面近傍のみに設けても、乾燥体等を貫通させても良い。また、スリットはハニカム構造体の1のセル列の長さ方向に複数本、或いは複数のセル列のうちの1列のみならず何列かに穿設することが可能である。

【0042】 スリットの長さは特に限定されないが、

機械的強度を考慮して1のセル列における総スリット長さは乾燥体等の全長の1/3以下とすることが好ましく、1のセル列に複数本のスリットを穿設する場合にはスリット同士の間隔を1のスリット長さの1/10以上とすることが好ましい。

【0043】 3. 製造装置本発明の製造方法は、例えば薄板状の非回転体である押圧部材と、当該押圧部材を駆動するための駆動手段とを備えた製造装置により達成することができる。

#### 10 【0044】 (1) 押圧部材

本発明の製造装置における押圧部材としては、薄板状の非回転体を使用する。既述の如く、押圧方向（スリットの深さ方向）に対する剛性が低く比較的柔軟であり、スリットの長さ方向に対する剛性が高いという特徴を有するためである。

【0045】 但し、押圧部材が押圧・破断によりスリットを穿設する部材である以上、押圧時に座屈しない程度の剛性が必要であることはいうまでもない。座屈荷重は加工対象となる乾燥体等の形状や構造、押圧力によって変動するため、これらの条件に適合する材質を選択すればよい。

【0046】 押圧部材の厚みは、セル壁を破損しないようセル孔径と同等以下とすることが好ましく、隣接する複数のセル列を同時に破断する場合にあっては、最外列のセル壁を破損しない厚みとすることが好ましい。加工性を向上させるため、押圧部材の先端には砥粒を付着せしめてもよい。砥粒としては硬質粒子である限りにおいて特に限定されないが、ダイヤモンド砥粒等を好適に用いることができる。適当な粒度の砥粒を選択することにより、スリット穿設と仕上げ加工を同時に行なうことも可能である。

【0047】 押圧部材の刃先形状は特に限定されないが、部材先端部の断面形状としては、図8(a)～(d)に示すように円形、長方形、半リング型、くさび型等が挙げられる。

#### 20 【0048】 (2) 駆動手段

押圧部材を駆動するための駆動手段としては、電気、油圧、圧縮空気等を利用して駆動するアクチュエータ、具体的にはサーボモータ、電動シリンダ、油圧シリンダ、

40 エアシリンダ等が挙げられる。駆動手段により押圧部材の前進・後退、押圧力、位置等の制御を行うことができる。押圧部材が水平方向、或いは上下方向のいずれの位置にも制御できるよう多軸のアクチュエータを用いることが更に好ましい。

#### 【0049】 (3) 監視手段

本発明の製造装置は、乾燥体等を画像により監視する監視手段を有するものであることが好ましい。乾燥体等と押圧部材との位置を正確に制御し、また大量生産に適する簡便な製造装置とするためである。監視手段としてはTVカメラ等が挙げられる。監視手段は監視を容易にす

るべく、複数配置し、或いは一定の範囲で可動させてても良い。

【0050】中でも乾燥体等のセル開口面を画像により監視する監視手段と、乾燥体等を軸中心に回転させるための回転手段とを有するものが好ましい。具体的には、監視手段として乾燥体等の端面側に配置したTVカメラを、回転手段としてモータと連動するローラを備えたもの等が挙げられる。

【0051】このような装置では、ローラ上に載置された乾燥体等を、監視手段からのセル開口面の画像データに基づいて補正量を算出し、当該補正量データをモータに出力し、ローラの回転により乾燥体等を軸中心に回転させることにより、乾燥体等のスリットを穿設すべきセル列の方向と押圧部材の押圧方向との位置の制御を行うことが可能である。

#### 【0052】(4) 検知手段

また、本発明の製造装置は、既述のフィードバック制御を行うため、押圧時の負荷を検知するための検知手段を有するものが好ましい。検知手段としてはロードセル等を好適に用いることができる。

#### 【0053】(5) 振動手段

更に、本発明の製造装置は、押圧部材を振動させるための振動手段を有するものが好ましい。押圧部材を定速送りした場合でも粉塵の除去、押圧部材の破損回避という効果が得られるからである。振動手段としてはバイブレータが挙げられ、押圧部材に設置して直接的に振動させ、或いは駆動手段に設置して間接的に振動させることができるものである。

#### 【0054】(6) その他

本発明の製造装置は、押圧部材以外に、他の切削・研削工具を備えていても良い。例えば乾燥体等の外壁部（最外周セルより更に基材外周側のセルが存在しない部分）が厚い場合には外壁部にスリットを穿設するための研削砥石等を、押圧部材による押圧・破断後に仕上げ加工をしたい場合には仕上げ加工用の研削砥石等を備えていても良い。このように複数の工具・部材を備えている場合には、これらをATC(Auto Tool Change)により自動交換することが好ましい。

#### 【0055】4. 適用対象

本発明の製造方法は、多数のセルが並列する複数のセル列を有するハニカム構造体、具体的には、各セルを無作為に形成したものではなく、ハニカム構造体のセル開口面から見た場合において多数のセルが少なくとも構造体の1方向に並列した「セル列」を複数列有するものの製造方法である。

【0056】上記条件を満たす限りにおいて、本発明の製造方法を適用できる構造体の形状、材質、サイズ、セル形状、セル孔径、セル間隔（セル壁厚さ）等の条件は特に限定されない。例えば基材形状は断面形状が円形、正方形、長方形、或いは六角形などの筒状体とする

ことができ、基材材質はアルミナ、チタニア、ムライト、ジルコニア、コーチェライト、或いはこれらの混合物など、種々のセラミック材料の中から目的に応じて適宜選択すればよい。

【0057】セルの形状についても、円形、四角形、五角形、六角形をはじめとする種々の形状を用いることができ、場合によっては複数のセル形状を適宜組み合わせても良い。但し、スリット穿設セル列のセル形状は四角形であることが好ましい。四角セルは押圧部材の突出方向に対してセルの内壁が直線的に構成されるため、押圧部材がセルの内壁に沿って前進し易く、隣接するセル列を破断したり、セル壁を削ってしまう等の加工ミスを防止できるからである。

【0058】本発明の製造方法は、乾燥体等のセル開口面と外周面のうち、外周面側からスリットを穿設する場合に好適に用いることができる。ハニカム構造体両端部の機械的強度が低下し、或いは収縮・変形が大きくなるという問題を回避でき、固液分離フィルタ用のスリット付きハニカム構造体の製造に特に好適に用いることができるからである。

【0059】スリット穿設部位は、乾燥体等の外壁部及び内部のセル壁となるが、本発明の製造方法は予め外壁を貫通するスリットを穿設し、乾燥及び／又は焼成してなるハニカム構造の乾燥体等に対して適用しても良い。例えば、ハニカム構造体の外壁部が厚い場合には、予め切削加工などの他の方法により外壁を貫通するスリットを穿設しておき、内部のセル壁のみを本発明の方法により押圧・破断しても良い。

【0060】ハニカム構造体の押出成形は、例えば、スクリュー押出機、プランジャー押出機等に投入した成形原料を、ハニカム構造体の外形に対応する内壁、及び図9に示すような多数のセルに対応するセルブロック81が並列した形状（即ち、ハニカム構造体と相補的な形状）である押出用口金から押し出す方法等により行われる。本発明においては、成形体押出時において、押出用口金のセルブロックのうちスリットを穿設すべきセル列を形成するセルブロックの列と同一方向にスリット穿設部材を突出させることにより、予め外壁部（最外周セルより更に外周側のセルが存在しない部分）を貫通するスリットを穿設し、乾燥及び／又は焼成してなるハニカム構造の乾燥体等を対象とすることが好ましい。

【0061】例えば図10に示す成形装置は、スリット穿設セル列と一致する方向にスリット穿設部材である平板体94が配置され、平板体94が押出用口金内部に向かって突出し、かつ、セルブロック92に当接するように配置した製造装置91である。このような製造装置によれば、ハニカム成形体の外壁部のみにスリットが穿設される。このような成形体を乾燥或いは焼成後、内部のセル壁のみを押圧破断すればよい。

【0062】5. 用途

スリット付きハニカム構造体は、既述のように固液分離フィルタとして特に好適に用いることができる。例えば、本発明の製造方法により製造された乾燥体等のスリット穿設セル列の開口端を自封じして焼成し、必要に応じてスリット穿設列以外のセル内周面にディッピング法等によりセラミック濾過膜を形成することにより、固液分離フィルタとすることができる。

【0063】また、スリット付きハニカム構造体の別の用途として、熱交換器としての利用が考えられる。従前は図11(a)に示す如くハニカム構造体のセル105をそのまま熱経路として使用し、ハニカム構造体のブロック102を交差・積層することにより熱交換器101としていたが、図11(b)に示すようなスリット付きハニカム構造体によれば、端部を封止部材106で自封じしたスリット104穿設セル列とその他のセル105を交差する熱経路として使用し、1つの構造体で熱交換器103を構成することが可能だからである。即ち、本発明の製造方法は、このような熱交換器を一体的に製造できるという利点を有する。

## 【0064】

【実施例】以下、本発明の製造方法を実施例により更に詳細に説明する。但し、本発明は下記の実施例により限定されるものではない。

【0065】実施例、比較例とも、成形原料としては平均粒径150μmのアルミニナ粉末、有機バインダ、水を添加し混練してなるセラミック坯土を使用した。押出機としてはプランジャー押出機を使用し、押出長さ1000mmの成形体を製造した。押出用口金としては、内径が180mmの中空円形で、当該中空部に、図9に示すセルブロック81を配置したものを使用した。当該押出用口金によれば、セル壁厚みが全て0.65mm、幅2.5mm、6列おきに高さ2.0mmの長方形セルのセル列、これと高さ方向に隣接して幅2.5mm、最大高さ2.4mmのホームベース状の五角セルのセル列、残部に対辺2.5mmの六角セルのセル列が形成された、約2000個のセルを有するハニカム成形体を得ることができる。

【0066】上記ハニカム成形体を乾燥してなるハニカム乾燥体の四角セルのセル列にスリットを穿設した。

スリットは、実施例1、比較例2についてはハニカム乾燥体の両端部から各々30~100mmの部分に、比較

10

20

30

40

\*例1については両端面(セル開口面)から50mmの部分に、セル列6列おきに9本づつ穿設し、いずれもハニカム乾燥体を貫通する貫通スリットとした。即ち、1基のハニカム乾燥体につき合計18本(9本×端部2箇所)のスリットを穿設した。

【0067】(実施例1)実施例1においては、図1に示す製造装置1によりスリットの穿設を行った。まず、乾燥体13を回転手段であるモータと連動するローラ14上に載置し、監視手段である端面監視用の側部カメラ11からのデータに基づいて、乾燥体13を軸中心に回転し、幅0.6mm×長さ300mmの薄板状の押圧部材2との垂直位置を調整した。次いで、全体監視用の一定範囲で可動する上部カメラ12からのデータに基づいて、7軸のアクチュエータ3により押圧部材2をスリット穿設位置に移動した。

【0068】押圧部材2は、ガイド15によって支持した状態で、サーボモータ9により乾燥体13に対して押圧してスリットを穿設した。この際、押圧部材2に対する負荷をロードセル8で負荷を検知しながら、フィードバック制御を行った。また、押圧部材2には振動手段であるバイブレータ10により往復振動を与えるながら、スリットの穿設を行った。

【0069】製造装置1のツールスタンド4には外壁部にスリットを穿設するための研削砥石5と、仕上げ加工用の研削砥石6を備え、ATC7による交換が可能となっているが、実施例1においては押圧部材2の表面にダイヤモンド砥粒を電着することにより、スリット穿設と仕上げ加工(スリット端部のバリ取り、R形状加工)を同時に行った。

【0070】(比較例1)ハニカム乾燥体113の両端面(セル開口面)から100mmの部分までを高速度鋼からなる糸鋸114で切削してスリット115を穿設した。その結果を表1及び表2に示す。

【0071】(比較例2)ハニカム乾燥体123の両端面(セル開口面)のスリットを穿設すべきセル列間を結ぶように乾燥体123外側面にけがきを行い、当該けがき部分を高速度鋼の刃にダイヤモンド砥粒を電着したドリル124で切削してスリット125を穿設した。その結果を表1及び表2に示す。

## 【0072】

【表1】

加工対象	加工方法	加工ツール	加工方向
実施例1 乾燥体	押圧破断	平板体	乾燥体外周面側から内側
比較例1 乾燥体	切削加工	糸鋸	乾燥体端面側から内側
比較例2 乾燥体	切削加工	ドリル	乾燥体外周面側から内側

	加工ミス (箇所)		端面強度		加工時間		ツール寿命		作業の繁雑さ		コスト		総合判定
実施例1	0	◎	強	◎	短	◎	長	◎	自動、ケガキなし 手動、ケガキなし(目視)	◎	低	◎	◎
比較例1	0	◎	弱	×	中	△	短	×	手動、ケガキあり	×	高	×	×
比較例2	5	×	強	◎	長	×	中	△	手動、ケガキあり	×	高	×	×

【0074】(結果) 加工ミスについては、監視手段のカメラを設けた実施例1、目視しながら加工する比較例1は全く生じなかったのに対し、スリット深さ方向への剛性が高いドリルを使用した比較例2ではセル壁を削ってしまう加工ミスが5箇所発生した。

【0075】加工後のスリット付きハニカム構造体の端面強度については、乾燥体の外周面側から加工する実施例1、比較例1は高いが、乾燥体の端面側から加工する比較例2は低くならざるを得ない。

【0076】ツール寿命は、ツールを振動させ押圧するのみの実施例1が最も長かった。切削加工を行う比較例1、比較例2はいずれもツール寿命が短いが、どちらかというとダイヤモンド砥粒を電着した比較例2の方が長かった。

【0077】また、実施例1は自動化された製造装置によりスリット穿設を行ったため加工に際し特別な作業を必要としないのに対し、比較例1は目視しながら手作業で乾燥体を切削する必要があり、比較例2は乾燥体外周面にけがきを行い、かつ手作業でセル壁を破断しないように慎重に加工しなければならないため作業が繁雑であった。

【0078】比較例1、比較例2は作業が繁雑であることに起因して、ハニカム構造体1基あたりの加工時間が長くなり、また、ツール寿命も短いため、加工コストが高かった。

【0079】以上の各項目を総合的に評価すると、実施例1が全体的に良好な結果を示したのに対し、比較例1、比較例2は比較例2の端面強度を除き、全ての項目において問題があった。

#### 【0080】

【発明の効果】 以上説明したように本発明の製造方法及び製造装置は、目的のセル列のみを破断する正確・精密なスリット穿設が可能であり、かつ、大量生産にも適するものである。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の製造装置の一の実施例を示す概略図であって、(a)は上面図、(b)は側面図、(c)は押圧部材近傍の拡大図である。

【図2】 スリット付きハニカム構造体の一の実施態様を示す概略図であって、(a)はセル部分の拡大図、(b)は全体形状の斜視図である。

【図3】 スリット穿設位置の制御方法を示す概念図である。

【図4】 スリット穿設位置の制御方法を示す概念図である。

10 【図5】 スリット穿設位置の制御方法を示す概念図である。

【図6】 押圧部材の動作の制御方法を示す概念図

(a)、(b)、(c)である。

【図7】 仕上げ加工の方法を示す概念図である。

【図8】 押圧部材の刃先形状を示す概略図(a)～(d)である。

【図9】 押出用口金の形状を示す概略図である。

【図10】 押出成形時に外壁部のみにスリットを穿設する製造装置の一の実施例を示す概略図である。

20 【図11】 熱交換器を示す概略図であって、(a)は従前の熱交換器、(b)はスリット付きハニカム構造体を利用した熱交換器である。

【図12】 従前の製造方法の一の実施例を示す概略図である。

【図13】 従前の製造方法の他の実施例を示す概略図である。

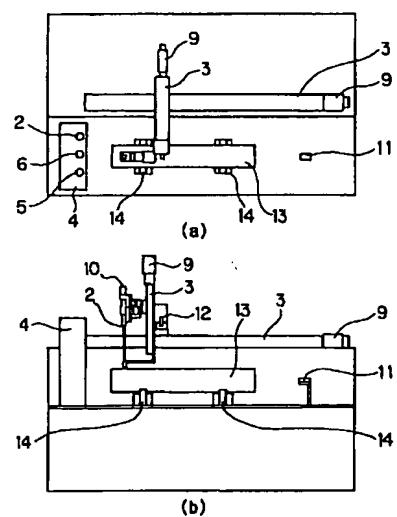
#### 【符号の説明】

1…製造装置、2…押圧部材、3…アクチュエータ、4…ツールスタンド、5…研削砥石(外壁加工用)、6…

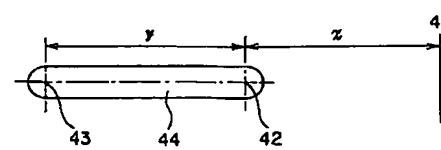
30 研削砥石(仕上げ用)、7…ATC、8…ロードセル、9…サーボモータ、10…バイブレータ、11…側部カメラ、12…上部カメラ、13…乾燥体等、14…ローラ、15…ガイド、21…ハニカム構造体、22…基材、23…セル、24…スリット、25…封止部材、26…セル列(26a…スリット穿設セル列)、41…端面、42…開始位置、43…終了位置、44…スリット、51…端面、52…スリットを穿設すべきセル列、61…押圧部材、62…ロードセル、71…乾燥体等、72…仕上げ部材、73…スリット、81…セルブロック、91…製造装置、92…セルブロック、93…成形体、94…スリット穿設部材(平板体)、101、103…熱交換器、102…ハニカム構造体のブロック、104…スリット、105…セル、106…封止部材、113…乾燥体、114…糸鋸、115…スリット、123…乾燥体、124…ドリル、125…スリット。

40

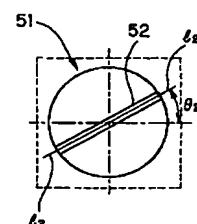
【図1】



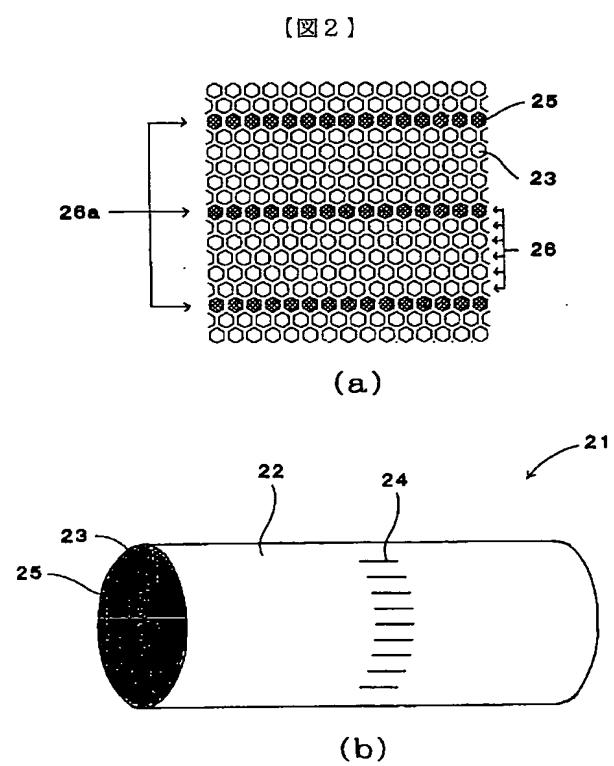
【図3】



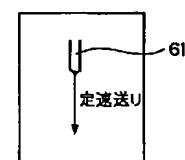
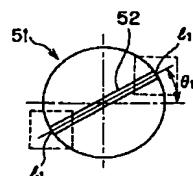
【図5】



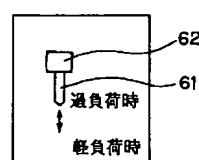
【図6】



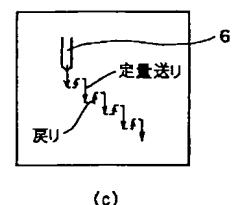
【図4】



(a)

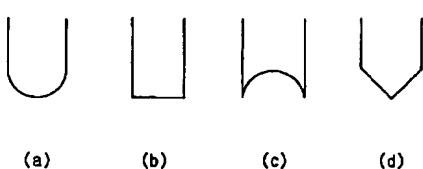
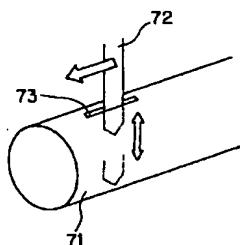


(b)

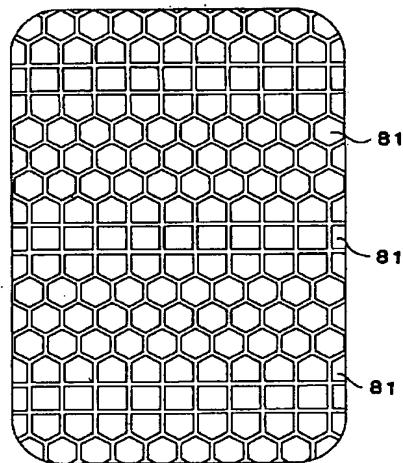


(c)

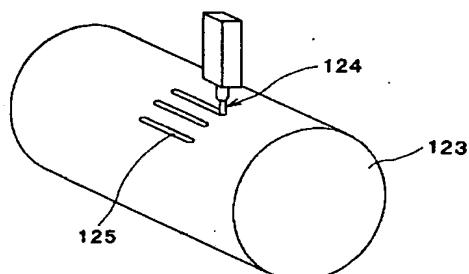
【図7】



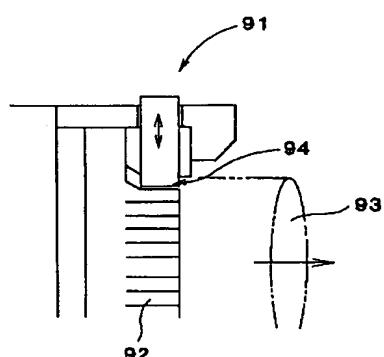
【図9】



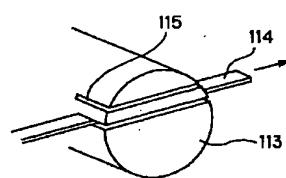
【図13】



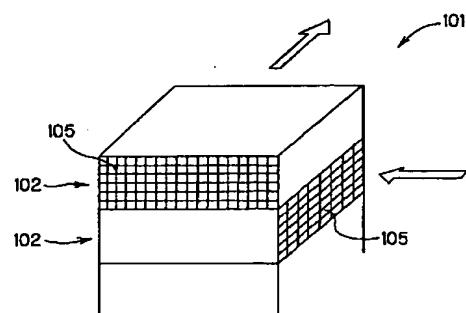
【図10】



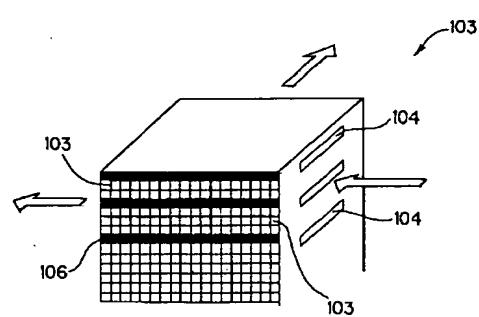
【図12】



【図11】



(a)



(b)

フロントページの続き

F ターム(参考) 4D019 AA01 AA03 BA05 BB06 CA01  
CB06 CB07  
4G054 AA05 AB09 BD02 BD08 BD19  
4G055 AA08 AB03 AC10 BA63 BA83